

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Komposit

Komposit merupakan kata sifat yang berarti susunan atau gabungan. Komposit ialah kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda sifat dimana material yang satu berfungsi sebagai komponen matriks (bahan pengikat) sedangkan material satu berfungsi sebagai komponen filler (bahan pengisi) (Chung, 2010).

Keunggulan dari material komposit adalah penggabungan unsur-unsur yang unggul dari masing-masing unsur pembentuknya. Sifat material hasil penggabungan ini diharapkan dapat melengkapi kelemahan yang ada pada material penyusunnya (Pahlewi, 2012).

2.1.1 Jenis-Jenis Komposit

Jenis- jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakan ada 3 macam yaitu:

1. *Fibrous Composites* (Komposit Serat) merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat. Serat atau fiber yang biasa digunakan berupa glass fibers, carbon fibers, aramid fibers dan lain sebagainya.
2. *Laminated Composites* (Komposit Laminat) merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapisan atau lebih yang digabung menjadi satu dan tiap lapis memiliki karakteristik sifat sendiri.
3. *Particulate Composites* (Komposit Partikel) merupakan jenis komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguat dan terdistribusi secara merata di dalam matriksnya.

Komposit dapat diartikan sebagai dua macam atau lebih dari suatu material yang digabungkan dalam skala makroskopis atau dapat dilihat langsung secara kasat mata sehingga menjadi suatu material baru yang lebih bermanfaat. Komposit terdiri dari 2 bagian utama yaitu:

- a. Matriks merupakan perekat atau pengikat dan pelindung *filler* (pengisi) dari kerusakan eksternal. Matriks yang sering digunakan yaitu *carbon*, *glass* dan *kevlar*.
- b. *Filler* (pengisi) merupakan penguat dari matriks itu. *Filler* yang sering digunakan yaitu *carbon*, *glass*, *aramid* dan *kevlar*

2.2 Karbon Aktif



Gambar 2.1 Karbon aktif serbuk dan granular
Sumber: (Cahyo, 2015)

Karbon aktif atau arang aktif, merupakan suatu jenis padatan yang memiliki pori dan luas permukaan yang cukup besar. Karbon aktif mempunyai kandungan karbon sekitar 85-95%, yang dihasilkan dari pemanasan pada suhu tinggi pada bahan-bahan yang mengandung karbon. Saat pemanasan pada suhu tinggi berlangsung, diusahakan agar kebocoran udara di dalam suatu ruang pemanasan tidak terjadi sehingga bahan yang mengandung karbon dapat terkarbonisasi dengan baik dan tidak akan teroksidasi.

Pada karbon aktif mempunyai pori-pori yang bentuk dan ukurannya bervariasi dan tak teratur. Ukuran pada pori-pori karbon dapat dibagi menjadi tiga kategori yaitu mikropori <2 nm, mesopori 2-50 nm, dan makropori >50 nm (Marsh 2006). Ukuran dari pori-pori karbon aktif ini dapat menentukan bagaimana proses adsorpsi terjadi dan dapat menyerap partikel-partikel yang sangat halus (molekul).

Menurut Badan Standarisasi Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 mengenai karakteristik standar dari karbon aktif tercantum pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Karakteristik standar karbon aktif menurut SNI 06-3730-1995

Jenis persyaratan	Parameter
Kadar air	Maks 15%
Kadar abu	Maks 10%
Berat jenis curah	0,3-0,35 g/ml
Kadar karbon terikat	Min 65%
Daya serap terhadap yodium	Min 750 mg/g
Lolos mesh 325	Min 90%
Daya serap terhadap biru metilen	Min 120%

Sumber: (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 1995)

2.2.1 Kegunaan Karbon Aktif

Umumnya karbon aktif atau arang aktif memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Sebagai filter untuk menjernihkan air.
2. Sebagai adsorben pemurnian gas.
3. Sebagai filter industri minuman.
4. Sebagai pemucat atau penghilang warna kuning pada gula pasir.
5. Untuk mengolah limbah B3 (Bahan Beracun Berbahaya).
6. Sebagai penyegar/ pembersih udara ruangan dari kandungan uap air.

2.2.2 Arang Tempurung Kelapa

Arang merupakan suatu bahan padatan berpori yang dihasilkan melalui proses pirolisis (karbonisasi) dari bahan-bahan yang mengandung karbon. Pada umumnya pembuatan arang aktif dari tempurung kelapa dengan cara pirolisis agar dapat menghasilkan arang. Arang yang dihasilkan melalui proses karbonisasi sebagian besar porinya masih tertutup oleh hidrokarbon atau komponen lain seperti air, abu, nitrogen dan sulfur, sehingga masih memiliki daya serap yang masih rendah (Lempang, 2014). Untuk meningkatkan kapasitas daya serap arang tersebut maka arang tersebut dijadikan arang aktif dengan cara proses pengaktifasian. Pada umumnya arang aktif dapat dibuat melalui 2 cara yaitu secara kimiawi maupun fisika. Secara kimiawi, aktivasi arang tempurung kelapa dengan perendaman bahan kimia seperti HCl, ZnCl₂, CaCl₂, MgCl₂, NaOH, H₂SO₄, KOH dan lain-lainnya (Jamilatun, 2015).

Tempurung kelapa yang memiliki kualitas yang baik yaitu tempurung kelapa tua dan kering yang ditunjukkan dengan warna yang gelap kecoklatan. Tempurung kelapa dikategorikan sebagai kayu keras tapi memiliki kadar lignin

yang cukup tinggi dan kadar selulosa yang lebih rendah dengan kadar air sekitar 6-9%. Secara kimia tempurung kelapa memiliki komposisi yang tersusun atas lignin 36,51%, selulosa 33,61% dan hemiselulosa 19,27% (Maryono dkk.,2013).

2.2.3 Aktivasi Secara Kimia

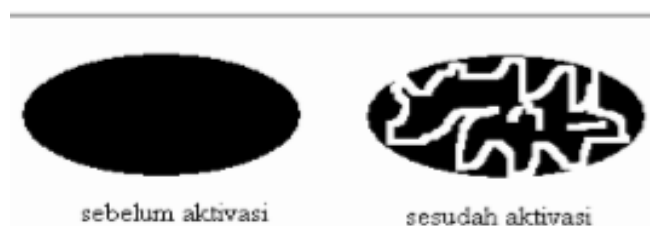
Pada prinsipnya aktivasi secara kimia ialah dengan cara perendaman arang dengan menggunakan senyawa kimia. pada proses pengaktifan arang direndam di dalam larutan pengaktifasi selama 24 jam, lalu di saring dan dilakukan pemanasan menggunakan furnace dengan suhu 600-900°C selama 2 jam. Penggunaan bahan kimia sebagai larutan aktivasi arang sering mengakibatkan arang aktif terdapat kotoran, karena umumnya aktivator meninggalkan sisa-sisa berupa oksida yang tidak dapat larut didalam air saat proses pencucian.

Oleh karena itu, pada proses sering dilakukan dengan larutan HCl untuk mengikat kembali sisa-sisa bahan kimia yang tertempel pada permukaan arang aktif serta kandungan abu dalam arang tersebut.

2.2.4 Aktivasi Secara Fisika

Pada umumnya aktivasi dengan secara fisika menggunakan oksidator lemah, misalnya uap air, gas CO₂, N₂, dan O₂. Pada proses ini tidak terjadi oksidasi terhadap atom-atom karbon yang tersusun pada arang tetapi oksidator tersebut hanya mengoksidasi komponen yang menutupi permukaan dari pori-pori arang. Prinsip pada proses aktivasi ini ialah dengan mengalir gas ringan seperti uap air, karbon dioksida, atau udara ke dalam silinder tertutup yang berisi arang lalu dipanaskan dengan menggunakan suhu sekitar 800-1000°C. Akan tetapi pemanasan pada suhu diatas 1000°C dapat menyebabkan kerusakan struktur kisi heksagonal dari arang tersebut (Manocha, 2003 dalam Lempang, 2014).

Berikut merupakan struktur karbon aktif sebelum dan sesudah aktivasi:



Gambar 2.2 Struktur Karbon Aktif Sebelum dan Sesudah Aktivasi
Sumber: (Atmayuda, 2007)

Arang aktif memiliki beberapa kegunaan yaitu sebagai berikut:

- a. Berfungsi sebagai filter.
- b. Dapat mengurangi zat beracun.
- c. Dapat menyerap emisi gas formaldehida dari formalin.
- d. Dapat menetralsir dari keracunan.
- e. Digunakan sebagai pengawet bahan pangan.
- f. Dapat dibuat menjadi sabun, cat tembok dan pakan ternak.

2.3 Kitosan



Gambar 2.3 Kitosan

Sumber : (pdfs.semanticscholar.org diakses pada 27 juni 2019)

Kitosan dihasilkan dari kitin yang mempunyai struktur kimia yang sama pula dengan kitin, terdiri dari rantai molekul yang panjang dan berat molekul yang tinggi. Kitosan dapat dihasilkan dari kitin melalui proses deasetilasi yaitu dengan cara mereaksikan menggunakan alkali berkonsentrasi tinggi dengan waktu yang relatif lama dan suhu yang tinggi. Kitosan merupakan biopolimer yang memiliki keunikan karakteristik kation dan bermuatan positif, sedangkan didalam larutan alkali kitosan akan mengendap (Pratiwi, 2014). Adapun solvent yang digunakan untuk melarutkan kitosan yaitu asam format/air, asam asetat/air, asam laktat/air, asam glutamat/air (Taufan & Zulfahmi, 2010). Berikut ini merupakan standar kitosan menurut Muzzarelli, 1985.

Tabel 2.2 Standar Kitosan Muzzarelli (1985)

Jenis Standar	Parameter
Kadar abu	Umumnya < 1%
Kadar air	2 - 10 %
Kelarutan	Hanya pada pH ≤ 6
Kadar nitrogen	7 - 8,4 %
Warna	Putih sampai kuning pucat
Ukuran partikel	5 ASTM Mesh

Lanjutan Tabel 2.2 Standar Kitosan

Jenis Standar	Parameter
Viskositas	309 cps
E. Coli	Negatif
Salmonella	Negatif

Sumber: (Taufan & Zulfahmi, 2010)

2.3.1 Sifat fisik Kitosan

Kitosan merupakan kopolimer D-glucosamine dan N-acetyl-D glucosamine dengan ikatan β -(164), yang diperoleh dari alkali atau deasetilasi enzimatis dari polisakarida kitin. Kitosan kering tidak mempunyai titik lebur. Bila disimpan dalam jangka waktu yang relatif lama pada suhu sekitar 100°F maka sifat keseluruhan dan viskositasnya akan berubah. Bila kitosan disimpan dalam keadaan terbuka maka akan terjadi dekomposisi warna akan menjadi kekuningan dan viskositas akan berkurang.

2.3.2 Sifat Kimia Kitosan

Kitosan digunakan di berbagai aplikasi, hal ini dikarenakan adanya gugus amino pada posisi C2 dan juga karena gugus hidroksil primer dan sekunder pada posisi C3 dan C6. Kitosan merupakan turunan sederhana dari kitin. Kitosan tidak larut dalam air namun larut dalam asam, memiliki viskositas yang tinggi saat dilarutkan.

2.3.3 Manfaat Kitosan

Kitosan yang diperoleh dari zat kitin memiliki banyak manfaat baik di bidang industri tekstil, makanan, farmasi, biomedis, kosmetik, bioteknologi dan agrikultur. Selain itu kitosan dapat digunakan untuk menangani masalah limbah di perairan seperti sebagai adsorben logam berat dan adsorben zat warna. Hal ini menunjukkan bahwa kitosan memiliki jumlah gugus hidroksil dan amina yang cukup banyak (Li, dkk. 2012).

2.4 Bentonit



Gambar 2.4 Bentonit Clay

Sumber: (Alibaba.org, 2019 diakses 27 juni 2019)

Bentonit dalam perdagangan dikenal dengan istilah clay yang mengandung monmorilonit. Di dalam bentonit terdapat kandungan utama berupa mineral monmorilonit sekitar 80%, memiliki warna yang bervariasi dari putih ke kuning, hijau zaitun hingga coklat kebiruan. Selain itu kandungan lain di dalam bentonit merupakan zat pengotor dari beberapa jenis mineral yaitu kwarsa, kalsit, dan klorit (Utracki, dkk. 2004)

2.4.1 Jenis-jenis Bentonit

Berdasarkan jenisnya, bentonit terbagi menjadi 2 yaitu:

1. Na-Bentonite-Swelling Bentonite (Tipe Wyoming)

Pada umumnya Na-bentonit memiliki daya untuk mengembang hingga delapan kali apabila dicelupkan dalam air. Dalam keadaan kering bentonit akan berwarna putih atau cream sedangkan dalam keadaan basah atau terkena di sinar matahari maka akan berwarna mengkilap. Mineral ini biasanya sering digunakan untuk lumpur pemboran, penyumbat kebocoran pada bendungan, sebagai bahan pencampur dalam pembuatan cat, bahan baku farmasi hingga sebagai perekat pasir ceta di industri pengecoran logam.

2. Ca-Bentonite-Non Swelling Bentonite

Pada Ca-bentonit kemampuan penyerapan air dan mengembang itu cukup rendah serta tidak mampu untuk tetap tersuspensi di dalam air. Bentonit berdasarkan kandungan alumunium silikat hydrous dapat dibagi menjadi dua golongan, yaitu activated clay dan fuller's earth. Activated clay adalah lempung yang kurang memiliki daya pemucat, sedangkan

fuller's earth dipergunakan dalam pulling atau pembersih bahan wool atau lemak.

Berdasarkan sifat-sifat yang dimilikinya, bentonit memiliki unsur kimia seperti tabel dibawah ini:

Tabel 2.3 Komposisi Kimia dalam Bentonit

Senyawa	Na-Bentonit (%)	Ca-Bentonit (%)
SiO ₂	61,3-61,4	62,12
Al ₂ O ₃	19,8	17,33
Fe ₂ O ₃	3,9	5,3
CaO	0,6	3,68
MgO	1,3	3,3
K ₂ O	0,4	0,55
Na ₂ O	2,2	0,5
H ₂ O	7,2	7,22

(Sumber: Puslitbang Tekmira, 2005)

Bentonite biasanya ada yang berbentuk butiran/serbuk dengan ukuran 200 – 300 mesh, berwarna putih kekuning-kuningan atau juga ada yang berwarna kecoklatan, tidak berbau dan kadar airnya berkisar 15%.

2.4.2 Kegunaan Bentonit

Biasanya bentonit digunakan untuk pengecoran pasir, lumpur bor, pengeboran logam, absorben, sebagai campuran berbagai komposit, bahan makanan untuk unggas dan hewan peliharaan, penjernihan, kosmetik maupun obat-obatan. Bentonit merupakan jenis adsorben yang sering digunakan yang berfungsi untuk zat pemutih (bleaching) dan katalis.

2.5 Adsorpsi

Adsorpsi adalah peristiwa penyerapan atau pengayaan (enrichment) bahan dari suatu komponen campuran gas/cair di daerah antar fasa dimana bahan yang akan dipisahkan ditarik oleh permukaan zat padat. Bahan penyerap berupa zat padat, penyerap hanya dipermukaan zat penyerap. Ada dua jenis adsorpsi berdasarkan penyerapannya, yaitu: (kipling,1965)

1. Adsorpsi fisika

Adsorpsi jenis ini bersifat reversible, berlangsung secara cepat dengan penyerapan kalor kecil, interaksi dianggap hanya menghasilkan gaya van der Waals dan terjadi pada semua proses adsorpsi serta berlangsung pada

temperatur rendah. Reaksi kesetimbangan dinamis dapat terjadi bila reaksi yang terjadi merupakan reaksi bolak-balik.

2. Adsorpsi kimia

Terjadi dalam bentuk reaksi kimia, membutuhkan energi aktivasi. Kalor penyerapan tinggi karena reaksi-reaksi yang membentuk reaksi kimia. Waktu penyerapan lebih lama dari adsorpsi fisika dan sulit diregenerasi. Pada peristiwa reaksi satu arah, zat-zat hasil reaksi tidak dapat bereaksi kembali membentuk zat pereaksi.

Hubungan antara banyak zat yang teradsorpsi per satuan luas atau per satuan berat adsorben dengan konsentrasi zat terlarut di temperatur tertentu dinamakan dengan isoterm adsorpsi.

Pada umumnya terdapat 3 jenis isoterm adsorpsi yaitu:

a. Isoterm Adsorpsi Langmuir

Secara terminologi adsorpsi pertama kali dikenalkan oleh Kayser pada tahun 1853-1940, namun penemu teori adsorpsi ini adalah Irving Langmuir (1881-1957), Nobel laureate in Chemistry 1932. Pada dasarnya isoterm adsorpsi langmuir didasarkan atas beberapa asumsi, yaitu:

- (1) Adsorpsi hanya terjadi pada lapisan tunggal.
- (2) Panas adsorpsi tidak tergantung pada penutupan permukaan.
- (3) Semua situs dan permukaannya.

Dalam bentuk secara umum, persamaan isoterm langmuir sebagai berikut (Siswoyo,2014):

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m} C_e + \frac{1}{K_L - q_m} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana : C_e = konsentrasi equilibrium (mg/l)

Q_e = adsorbat yang terserap pada saat equilibrium (mg/g)

K_L = konstanta Langmuir (l/mg)

Q_m = kapasitas adsorpsi

Pada grafik isoterm langmuir dengan $1/Q_e$ sebagai sumbu y dan $1/C_e$ sebagai sumbu x akan diperoleh persamaan garis $y=bx + a$ yang akan menentukan nilai Q_m dan K_L , dimana Q_m adalah $1/a$ sedangkan K_L adalah nilai b.

b. Isoterm Adsorpsi Freundlich

Isoterm freundlich merupakan adsorpsi jenis fisika dimana adsorpsi terjadi pada beberapa lapis dan ikatannya tidak kuat. Isoterm freundlich juga mengasumsikan bahwa tempat adsorpsi bersifat heterogen. Untuk menyatakan isoterm freundlich diberikan persamaan sebagai berikut, Sawyer dkk (1994):

$$Q_e = K_f \cdot C_e^{1/n} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana: Q_e = jumlah adsorbat pada permukaan (mg/g)

C_e = konsentrasi equilibrium (mg/l)

K_f dan n = konstanta

Konstanta freundlich menunjukkan ikatan antara adsorbat dengan adsorben dan diperoleh dengan cara eksperimen. Untuk mendapatkan konstanta K_f dan $1/n$, maka perlu dilakukan linearisasi terhadap persamaan berikut:

$$\ln(Q_e) = \ln K_f + 1/n \ln C_e \dots\dots\dots (2.3)$$

Diperoleh $\ln Q_e$ sebagai sumbu y dan $\ln C$ sebagai sumbu x. Grafik u yang diperoleh adalah garis linear dengan *slope* = $1/n$ dan *intercept* = $\ln K_f$.

c. Isoterm Adsorpsi BET (*Brunauer Emmet Teller*)

Isoterm adsorpsi BET merupakan hasil kerja dari S. Brunaeur, P.H. Emmet, dan E. Teller. Teori ini menganggap bahwa adsorpsi juga dapat terjadi di atas lapisan adsorbat *monolayer*, sehingga isoterm BET dapat diaplikasikan untuk adsorpsi *multilayer*. Pada pendekatan ini, perbandingan kekuatan ikatan pada permukaan adsorben dan lapisan adsorbat *monolayer* didefinisikan sebagai konstanta c . Lapisan adsorbat akan terbentuk sampai tekanan uapnya mendekati tekanan uap dari gas yang teradsorpsi. Isoterm adsorpsi BET dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{V}{V_m} = \frac{cx}{(1-x+cx)} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keseimbangan antara fasa gas dan senyawa yang teradsorpsi dapat dibandingkan dengan kesetimbangan antara fasa gas dan cairan dari suatu senyawa. Dengan menggunakan analogi persamaan Clasius-Clapeyron, maka

$$\frac{d(\ln P)}{dT} = - \frac{\Delta H_{ads}}{RT^2} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana ΔH_{ads} adalah entalpi adsorpsi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tekanan keseimbangan dari gas teradsorpsi bergantung pada permukaan dan entalpi adsorpsi.

2.5.1 Mekanisme Adsorpsi

Proses adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat kimia dan fisika (Reynolds, 1982).

Proses adsorpsi tergantung pada sifat zat padat yang mengadsorpsi, sifat atom/molekul yang diserap, konsentrasi, temperatur dan lain-lain. Pada proses adsorpsi terbagi menjadi 4 tahap yaitu:

1. Transfer molekul-molekul zat terlarut yang teradsorpsi menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben.
2. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui lapisan film (*film diffusion process*).
3. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui kapiler/pori dalam adsorben.
4. Adsorpsi zat terlarut yang teradsorpsi pada dinding pori atau permukaan adsorben (proses adsorpsi sebenarnya), (Reynolds, 1982).

2.5.2 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Adapun faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi antara lain (Chidkk, 1978):

1. Suhu

Pada umumnya adsorber bekerja secara adiabatik, sedangkan adsorpsi bersifat eksotermis sehingga kenaikan suhu akibat panas adsorpsi yang dihasilkan akan menurunkan kerja adsorpsi.

2. Kecepatan fluida

Kecepatan aliran fluida yang lebih besar memerlukan zona kontak yang lebih panjang supaya menghasilkan waktu kontak yang sama.

3. Konsentrasi zat yang diserap

Driving force yang menyebabkan zat terserap berpindah ke permukaan padatan. Adsorpsi dari sistem yang mengandung zat akan diserap berkonsentrasi tinggi akan lebih cepat dibanding sistem yang sangat encer.

4. Fase

Kecepatan adsorpsi pada fase cair lebih lambat 10 kali atau lebih daripada fase gas. Ini berarti panjang zona perpindahan massa sangat dipengaruhi oleh fase operasinya.

5. Ukuran adsorben

Ukuran adsorben yang lebih kecil akan memperbesar luas permukaan per satuan volum akibatnya zat yang terserap akan semakin banyak.

2.5.3 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Jumlah Adsorbat yang Diserap

Adapun faktor lain yang mempengaruhi jumlah adsorbat yang diadsorpsi oleh adsorben yaitu :

1. Jenis adsorbat

a. Ukuran adsorbat

Semakin kecil ukuran partikel yang digunakan maka semakin cepat proses adsorpsinya.

b. Kepolaran zat

Apabila diameter molekul adsorbat sama dengan diameter pori adsorben maka molekul-molekul non polar yang lebih kuat diadsorpsi oleh adsorben daripada molekul yang polar. Molekul yang non polar dapat menggantikan molekul polar yang lebih dulu diadsorpsi.

2. Karakteristik adsorben

a. Kemurnian adsorben

Adsorben yang memiliki kemurnian lebih tinggi akan memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik.

b. Luas permukaan dan volume pori adsorben

Jumlah molekul adsorbat yang diserap oleh adsorben akan meningkat dengan bertambahnya luas permukaan dari volume pori dari adsorben. Sehingga seringkali adsorben diberi perlakuan awal seperti karbonisasi dan aktivasi untuk meningkatkan luas permukaan dari volume porinya

3. Temperatur

Proses adsorpsi merupakan proses eksotermis. Dengan demikian peningkatan temperatur pada tekanan yang tetap akan mengurangi jumlah senyawa yang teradsorpsi.

4. Waktu kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik.

2.6 Logam Timbal (Pb)



Gambar 2.5 Logam Timbal (Pb)

Sumber: (Temple,2007)

Timbal (Pb) merupakan salah satu jenis logam berat yang sering disebut dengan timah hitam. Timbal memiliki titik lebur yang rendah, mudah dibentuk, memiliki sifat kimia yang aktif sehingga biasa digunakan untuk melapisi logam agar tidak menimbulkan karatan.

Timbal adalah logam lunak berwarna abu-abu kebiruan mengkilat dan memiliki bilangan oksidasi +2 (Sunarya, 2007).

Tabel 2.4 Sifat-sifat fisika Timbal (Pb)

Sifat Fisika Timbal	Keterangan
Nomor atom	82
Densitas (g/cm^3)	11,34
Titik lebur ($^{\circ}\text{C}$)	327,46
Titik didih ($^{\circ}\text{C}$)	1.749
Kalor peleburan (kJ/mol)	4,77
Kalor penguapan (kJ/mol)	179,5
Kapasitas pada 25°C (J/mol K)	26,65
Konduktivitas termal 25°C (W/m K)	35,5
Ekspansi termal 25°C ($\mu\text{m/m K}$)	28,9
Kekerasan (skala Brinell=Mpa)	38,6

Sumber: (digilib.unila.ac.id,2017)

Logam berat timbal (Pb) apabila berada di tubuh manusia secara terus-menerus dapat mengakibatkan anemia, kemandulan, penyakit ginjal, kerusakan sistem syaraf hingga pada kematian. Adanya logam timbal di dalam tubuh dapat menghambat aktivitas kerja enzim. Di perairan, timbal ditemukan dalam bentuk

terlarut dan tersuspensi. Kelarutan timbal cukup rendah sehingga kadar timbal dalam air relatif sedikit. Bahan bakar yang mengandung timbal juga memberikan kontribusi yang berarti bagi keberadaan timbal dalam air (Effendi, 2003).

Menurut peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Standar Baku Mutu Air Limbah dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.5 Standar Baku Mutu Air Limbah Menurut Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014

Parameter	Kadar Paling Tinggi Pelapisan Logam (mg/L)	Beban Paling Tinggi Pelapisan Logam (gr/m ²)
TSS	20	0,4
Cu	0,5	0,01
Zn	1,0	0,02
Cr	0,5	0,01
Cd	0,05	0,001
Pb	0,1	0,002
Ni	1,0	0,02
CN	0,2	0,004
Ag	0,5	0,01
pH	6-9	
Kuantitas air limbah paling tinggi	20 L per m ² produk pelapisan logam	

Sumber: (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup, 2014)

2.7 Scanning Elektron Microscopy (SEM)



Gambar 2.6 Alat SEM Tescan Vega3

Sumber: Lab. Forensik POLDA Palembang, 2019

SEM (*Scanning Elektron Microscope*) adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Prinsip kerja dari SEM ini adalah

dengan menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas elektron yang dipantulkan dengan energi tinggi. Permukaan material yang disinari atau terkena berkas elektron akan memantulkan kembali berkas elektron atau dinamakan berkas elektron sekunder ke segala arah. Tetapi dari semua berkas elektron yang dipantulkan terdapat satu berkas elektron yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detektor yang terdapat di dalam SEM akan mendeteksi berkas elektron berintensitas tertinggi yang dipantulkan oleh benda atau material yang dianalisis. Elektron memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada cahaya. Cahaya hanya mampu mencapai 200 nm sedangkan elektron bisa mencapai resolusi sampai 0,1 – 0,2 nm (Puspasari, 2013).

Aplikasi dari teknik SEM-EDS ialah sebagai berikut:

1. Topografi untuk menganalisa permukaan dan tekstur (kekerasan, dan reflektivitas).
2. Morfologi untuk menganalisa bentuk dan ukuran dari suatu sampel.
3. Komposisi untuk menganalisa komposisi dari permukaan benda secara kuantitatif dan kualitatif.

Sedangkan kelemahan dari aplikasi teknik SEM ini antara lain:

1. Memerlukan kondisi yang vakum.
2. Hanya menganalisa permukaan.
3. Sampel harus bahan yang konduktif, jika tidak konduktor maka perlu dilapis logam seperti emas.

2.8 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)



Gambar 2.7 Alat AAS 932 Plus

Sumber: Lab. Kimia Analitik Instrumen Polsri, 2019

Spektrofotometri serapan atom, sering disingkat sebagai AAS atau SSA adalah suatu bentuk spektrofotometri dimana spesies pengabsorbsiannya adalah atom-atom. (Underwood, 1996:430).

Cara kerja SSA berdasarkan atas penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung didalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut mengabsorbsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya. Jika radiasi elektromagnetik dikenakan kepada suatu atom maka akan terjadi eksitasi elektron dari tingkat dasar ke tingkat tereksitasi, setiap panjang gelombang memiliki energi yang spesifik untuk dapat tereksitasi ke tingkat yang lebih tinggi.

2.8.1 Instrumentasi Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometer serapan atom memiliki komponen-komponen sebagai berikut (Slavin, 1987):

a. Sumber sinar

Sumber sinar merupakan sistem emisi yang diperlukan untuk menghasilkan sinar yang energinya akan diserap oleh atom bebas. Pada prinsipnya sumber radiasi harus bersifat kontinyu. Seperangkat sumber yang dapat memberikan garis emisi yang tajam dari suatu unsur yang spesifik dengan menggunakan lampu pijar *Hollow cathode*.

b. Sistem pengatoman

Pada sistem pengatoman, unsur-unsur yang akan dianalisa diubah bentuknya dari bentuk ion menjadi bentuk atom bebas. Ada beberapa jenis sistem pengatoman yang lazim digunakan pada setiap alat AAS, antara lain:

1. Sistem pengatoman dengan nyala api

Digunakan nyala api untuk mengubah suatu larutan berbentuk ion ke atom bebas. Ada 2 bagian penting yaitu sistem pengabut (nebulizer) dan sistem pembakar (burner). Sebagai bahan bakar yang menghasilkan api merupakan campuran dari gas pembakar dengan oksidan dan penggunaannya tergantung pada suhu nyala api yang dikehendaki.

2. Sistem pengatoman dengan tungku grafit

Keuntungan pada sistem ini dibanding sistem pengatoman nyala api ialah sampel yang dibutuhkan lebih sedikit, tidak memerlukan gas sebagai pembakar, suhu yang ada di burner dapat di monitor dan lebih peka.

3. Sistem pengatoman dengan pembentukan hibrida

Sistem ini digunakan hanya pada unsur yang dapat membentuk hibrida dimana senyawa hibrida dalam bentuk uap akan menyerap sinar dari HCl. Sistem ini biasa dilakukan untuk analisa unsur seperti As, Bi, dan Se.

4. Sistem pengatoman dengan uap dingin

Sistem ini hanya untuk analisa unsur Hg, karena Hg memiliki tekanan uap yang tinggi sehingga pada suhu kamar unsur Hg akan berada pada kesetimbangan antara fasa uap dan cair.

c. Monokromator

Monokromator adalah alat yang berfungsi untuk memisahkan radiasi yang tidak diperlukan dari spektrum radiasi lain yang dihasilkan oleh *Hollow Cathode Lamp*.

d. Detektor

Detektor berfungsi sebagai pengubah energi sinar menjadi energi listrik, dimana energi listrik yang dihasilkan digunakan untuk mendapatkan data. Detektor AAS tergantung pada jenis monokromatornya, jika monokromatornya sederhana yang biasa dipakai untuk analisa alkali, detektor yang digunakan adalah *barrier layer cell*. Metode AAS digunakan untuk analisa zat yang memiliki konsentrasi rendah.